प्रकाशिकी

सुदूर

संवेदन

एक

परिचय

"प्रकाशिकी सुदूर संवेदन-एक परिचय"

[प्रो० पी० आर पिशारटी]

(भौतिक अनुसंधान शाला (इसरो), अहमदाबाद, द्वारा लिखित मूल पुस्तक "इन्ट्रोडक्शन टू आप्टिकल रिमोट सेन्सिग" का हिन्दी रूपान्तर)

अनुवादकर्ता

प्रो० पी० एन० कल्ला

चेयरमैन, संचार क्षेत्र,

अन्तरिक्ष उपयोग केन्द्र,

अहमदाबाद-380053

एवं

काली शंकर

इलेक्ट्रानिकी इन्जीनियर,

दिल्ली भू केन्द्र, अन्तरिक्ष उपयोग के

नई दिल्ली-110021



दी स्टूडेण्ट्स बुक कम्पनी

प्रथम संस्करण : 1986

प्रकाशक : दी स्टूडेण्ट्स बुक कम्पनी
चौड़ा रास्ता, जयपुर-302003 (राजस्थान)
फोन · 72455, 74087

मूल्य : 15.00 रुपये

मुद्रक : गौरव प्रिन्टर्स, जयपुर

आमुख

सुदूर संवेदन आधुनिक एवं तीव्र गति से विकसित हो रही विज्ञान की शाखा है, जो देश में कृषि, मौसम विज्ञान, वन्य शास्त्र एवं जल विज्ञान जैसे विभिन्न क्षेत्रों में बहुत उपयोगी है। सम्बन्धित तकनीकी में अनेक प्रकार की कलाएं शामिल हैं, जो किसी भी पदार्थ या क्षेत्र के लक्षण और गुणों की माप बिना किसी उपकरण के उस पदार्थ या क्षेत्र के सीधे सम्पर्क में आये हुए कर सकती है। प्रेक्षण के लिए सुदूर संवेदन उपकरणों का प्रयोग उन्हें किसी एयर बार्न या अन्तरिक्ष मंच पर रख कर किया जाता है। उन्नतिशील अन्तरिक्ष तकनीकी ने सुदूर संवेदन और इसके उपयोगों को, विशेषकर पृथ्वी के प्राकृतिक संसाधनों से सूचना संचय की दिशा में, एक नया मोड़ दिया है।

पिछले कुछ सालों में हमारे देश में इन तकनीकों को इस्तेमाल करके अनेकों प्रयोग किये गये हैं, तथा इनमें से बहुतों को आरम्भ करने में प्रो. पी आर. पिशारटी ने एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। इस छोटी पुस्तक के द्वारा, जो उनके द्वारा विभिन्न शैक्षणिक संस्थानों में दिये गये व्याख्यानों का संचय है, प्रो. पिशारटी ने इस नवीन तकनीक के मूल सिद्धांतों को सरल तरीके से समझाया है। मुझे आशा है कि पाठकगण इस पुस्तक को काफी उपयोगी पायेंगे।

सतीश धवन

अध्यक्ष

भारतीय अन्तरिक्ष अनुसंधान संगठन

दो शब्द

सुदूर संवेदन तकनीक ने कृषि एवं वनशास्त्र के क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। इसलिए यह नितान्त आवश्यक है कि इस तकनीक के विषय में सामान्य लोगों को अधिक से अधिक जानकारी करायी जाए। यह तभी सम्भव है जब इस तकनीक से संबंधित अधिकाधिक साहित्य जनसाधारण की भाषा में लिखा जाए। मेरे द्वारा लिखी गई "इन्ट्रोडक्शन टू प्रॉक्टिकल रिमोट सेंसिंग" पुस्तक का हिन्दी रूपान्तर "प्रकाशिकी सुदूर संवेदन-एक परिचय" के रूप में करके श्री ओ. पी. एन. कल्ला एवं श्री काली शकर ने एक अत्यन्त प्रशंसनीय कार्य किया है। आशा है कि "प्रकाशिकी सुदूर संवेदन-एक परिचय" पुस्तक जनसाधारण के लिए उपयोगी सिद्ध होगी।

—पी० आर० पिशारटी

विषय-सूची

परिचय

1.	विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम	3
2.	मानवीय दृष्टि	7
3.	दृष्टिगोचर एवं निकट अवरक्त क्षेत्र में फोटोग्राफी के द्वारा सुदूर सवेदन फोटोग्राफी कैमरा	11
4.	अवरक्त विकिरण के लिए ठोसावस्था संसूचक	18
5.	टैलीविजन तन्त्र	28
6.	पृथ्वी-लक्षण पहचान	31
7.	संदर्भ सूची	36

परिचय

सुदूर संवेदन की आधुनिक तकनीक पृथ्वी के अन्दर की सम्पत्ति के सर्वेक्षण का एक कुशल तरीका है। यह बहु-उद्देश्यीय तकनीक है जो पृथ्वी की सतह पर या पृथ्वी की सतह के बहुत समीप स्थित वस्तुओं और लक्षणों के द्वारा विसरित एवं उत्सर्जित विद्युत-चुम्बकीय विकिरण का प्रयोग करती है। यद्यपि खगोल-विज्ञान और खगोल भौतिकी के क्षेत्र में विदित अधिकांश ज्ञान इन्हीं तकनीकों से प्राप्त हुआ है, फिर भी इन्हें सुदूर संवेदन का एक हिस्सा नहीं माना जाता। वास्तव में सुदूर संवेदन खगोल विज्ञान का बिल्कुल उल्टा है, जिसमें गुब्बारों, वायुयानों तथा उपग्रहों के द्वारा पृथ्वी का प्रेक्षण शामिल है।

1858 में पहली बार एक फ्रांसीसी श्री जी. एफ. टूर्नचोन ने एक गुब्बारे की सहायता से, जो पेरिस के ऊपर उड़ा, कुछ फोटो लिए। उसके चार साल बाद 1862 में, अमरीकी गृह-युद्ध के दौरान गुब्बारों के द्वारा इस प्रकार के फोटो सैनिक प्रयोजन के लिए लिए गये थे। दो विश्व युद्धों के दौरान हवाई फोटोग्राफी का विशेषकर प्रयोग हुआ, तथा अवरक्त फोटोग्राफी का प्रयोग भी द्वितीय विश्व युद्ध के दौरान प्रकाश में आया।

गुब्बारों तथा हवाई जहाज के द्वारा पृथ्वी की सतह की इस प्रकार से की गई फोटोग्राफी सुदूर संवेदन तकनीक का ही एक भाग है। तकनीकी साहित्य में "सुदूर संवेदन" का नाम पहली बार 1961 में उस समय प्रयोग किया गया था, जब अमरीकी नौ सेना की परियोजना "हवाई फोटोग्राफी का अध्ययन" का नामकरण सुदूर संवेदन के रूप में पुनः रखा गया। एक दूरी से किसी चीज के पता लगाने के तरीके का साहित्यिक शब्दार्थ सुदूर संवेदन है, यद्यपि आजकल यह बहुत ही सीमित रूप में प्रयोग किया जाता है, जिसे विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के द्वारा ससूचन की संज्ञा दी गई है।

पिछले दो दशकों में प्रकाश विकिरण संवेदी फिल्मों एवं संसूचकों का विकास तथा उनका वायुयानों तथा अन्तरिक्ष यानों में प्रयोग तेजी से किया गया। इनके साथ-साथ टेलिविजन के क्षेत्र में तथा भू-केन्द्रों और उपग्रहों के बीच क्षीण विद्युत सिग्नलों के प्रेषण, अभिग्रहण एवं डिकोडिंग तरीकों में भी काफी सुधार आया। सूचना ससाधन के क्षेत्र में भी काफी प्रगति हुई।

सुदूर संवेदन पृथ्वी की प्राकृतिक स्थिति के सर्वेक्षण का एक नया तरीका है, जिसमें उपर्युक्त विकासों के साथ-साथ वैज्ञानिकों की मूल प्रवीणता का पूरा प्रयोग विभिन्न क्षेत्रों जैसे कृषि, वन्य-शास्त्र, जल विज्ञान, भू-विज्ञान, समुद्र विज्ञान तथा नगर-आयोजना में किया जाता है।

विद्युत-चुम्बकीय सिग्नल की संसूचन एवं प्रक्रमण से सीधी प्रयोज्य सूचना नहीं मिलती। विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के दृष्टिगोचर एवं अदृष्टिगोचर भाग में किसी वस्तु की परावर्तकता एवं उत्सर्जन उस वस्तु के लक्षण होते हैं, चाहे वह वस्तु फसल या पेड़ या मिट्टी या खनिज-युक्त चट्टान हो। किसी वस्तु के स्पेक्ट्रम तीव्रता के लाक्षणिक वटन को "स्पेक्ट्रमी सिग्नेचर" कहते हैं। हवाई जहाज या किसी अन्तरिक्ष में अभिग्रहित तथा भू-केन्द्र को प्रेषित विद्युत-चुम्बकीय सिग्नल इन हस्ताक्षरों के रूप में जाने जाते हैं तथा इनके द्वारा सम्बन्धित भू-लक्षणों का अनुमान लगाया जाता है। वायुयान तीव्र गति से आंकड़ों का संचय करता है; तथा किसी वायुयान के द्वारा आंकड़ा संचय परिणाम में कई गुना ज्यादा होता है लेकिन उसका वियोजन कम होता है। एक ओर वायुयान और अन्तरिक्षयान के बीच घनिष्ठ सम्बन्ध तथा दूसरी ओर प्रयोगशाला और क्षेत्र वैज्ञानिक के बीच घनिष्ठ सम्बन्ध सुदूर संवेदन की आवश्यकता है। अधिकांश लोग सुदूर संवेदन से सम्बन्धित यत्नोत्तर सामग्री के क्षेत्र में हुए तीव्र विकासों से अवगत नहीं हैं। भूगोल, भू-विज्ञान और कृषि के विद्यार्थी गणित एवं भौतिक विज्ञान के क्षेत्र में समुचित प्रशिक्षण नहीं प्राप्त कर पाते, जो आज के युग में महत्वपूर्ण विकासों को समझने तथा उनको प्रायोगिक रूप में लाने के लिए अति आवश्यक है। यह प्रारम्भिक पुस्तक एक लघु भूमिका निभा सकती है, जिसे पत्रकारिता की भाषा में "पर्दाफास' कहते हैं।

1. विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम

सारी वस्तुएं, जिनका तापमान शून्य डिग्री केल्विन से अधिक है, विद्युतीय-चुम्बकीय विकिरण का उत्सर्जन करती हैं। ब्लेकपिंड जैसे आदर्श मामले में उत्सर्जित ऊर्जा की तीव्रता और तरंग दैर्घ्य का सम्बन्ध प्रसिद्ध "प्लैंक्स के विकिरण नियम" के द्वारा दर्शाया जाता है। प्रत्येक तरंग दैर्घ्य पर तीव्रता तथा वक्रता का सामान्य आकार, विशेषकर अधिकतम तीव्रता की स्थिति, पिंड के तापमान पर निर्भर करती है। स्टीफन के विकिरण के नियम के अनुसार कुल उत्सर्जित ऊर्जा निरपेक्ष तापमान की चौथी घात के समानुपाती होती है। वियेन के विस्थापन के नियम के अनुसार, तरंगदैर्घ्य, जिस पर उत्सर्जित ऊर्जा अपनी चरम सीमा में होती है, निरपेक्ष तापमान के समानुपाती होती है।

$$R = \int_0^{\infty} E\lambda \, d\lambda = \sigma T^4 \qquad \text{(स्टीफन का नियम)}$$

$$\lambda m T = \text{स्थिर} \qquad \text{(वियेन का नियम)}$$

ये दोनों नियम प्लैंक्स के नियम से व्युत्पन्न किये जा सकते हैं :—

$$E\lambda \, d\lambda = \frac{2\pi h C^2}{\lambda^5} \quad \frac{d\lambda}{\left(\text{घातांक}\left(\frac{hc}{\lambda K t}\right) - 1\right)}$$

जहाँ :

$E\lambda$: स्पेक्ट्रमी विकिरणी उत्सर्जन, वाट से॰मी॰$^{-2}$ μ^{-1}

λ : तरंग-दैर्घ्य, माइक्रोमीटर में (μ), 10^{-6} मी॰

h : प्लैंक का नियत = $6{\cdot}626 \times 10^{-34}$ जूल्स सेकेन्ड

T : निरपेक्ष तापमान, डिग्री केल्विन

C : प्रकाश की गति = $2{\cdot}997925 \times 10^{10}$ से॰मी॰ सेकेन्ड$^{-1}$

K : बोल्ट्ज मैन का नियत = $1{\cdot}3805 \times 10^{-23}$ जूल्स केल्विन$^{-1}$

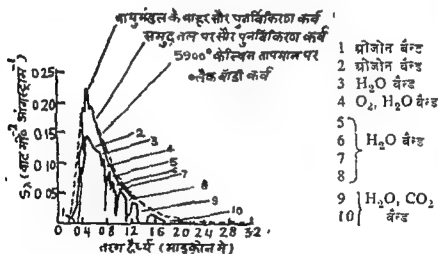
वास्तविक वस्तुएं उत्सर्जित तीव्रता के स्पेक्ट्रमी बंटन में सत्य ब्लेक बॉडीज की तरह व्यवहार नही करती। λ से $\lambda + d\lambda$ के तरंग दैर्घ्य खण्ड में किसी सतह के द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा तथा उसी खण्ड मे एक ब्लेक सतह

के द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा के अनुपात को पदार्थ की तरंग दैर्ध्य λ मे उत्सर्जन शक्ति कहते हैं। इसी प्रकार किसी वस्तु की अवशोषण क्षमता वस्तु के द्वारा एक दिये हुए तरंग दैर्ध्य खण्ड में अवशोषित ऊर्जा तथा उसी खण्ड में एक ब्लैक बॉडी के द्वारा अवशोषित ऊर्जा का अनुपात होती है। "किर्चाफ के नियम" के अनुसार किसी भी सतह की अवशोषण शक्ति उसकी उत्सर्जन शक्ति के बराबर होती है।

सैद्धान्तिक रूप मे विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम अनन्त हैं। दीर्घ तरंग छोर के समीप 1 से 10 कि॰मी॰ तरंग दैर्ध्य की लम्बी रेडियो तरंगें विद्यमान है, तथा शार्ट-वेव छोर के पास 10^{-8} से॰ मी॰ तरंग दैर्ध्य श्रेणी की एक्स किरणें विद्यमान हैं। दृष्टिगोचर क्षेत्र लगभग $0{\cdot}4 \times 10^{-6}$ मीटर (बैंगनी रंग) से $0{\cdot}7 \times 10^{-6}$ मीटर (लाल रंग) तक फैला हुआ है। $0{\cdot}7\,\mu$ से लगभग 5μ के खड को "नियर इन्फारेड" कहते हैं; 5μ से लगभग 20μ के खड को ऊष्मीय अवरक्त और कुछ मिली मीटर से कुछ से॰मी॰ के खंड को माइक्रोवेव खड कहते हैं।

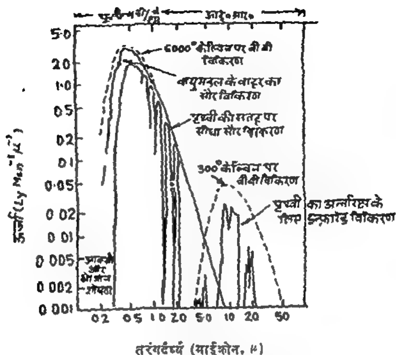
सुदूर संवेदन तकनीक मे पौधों, चट्टानो, पानी या बर्फ तथा बादलों (जो हवा मे तैरती हुई मात्र पानी की बूदें या हिमवर्तिकाएं हैं) के द्वारा उत्सर्जित या परावर्तित विद्युत-चुम्बकीय विकिरण का पता लगाना शामिल है सुदूर संवेदन के विषय मे नई बात ऐसे विकिरणों का संसूचन है जिनकी अनुभूति मानव आख या मानव त्वचा के द्वारा नही की जा सकती। जहां वस्तुएं अपने निजी तापमान के कारण विकिरण का उत्सर्जन करती है, वही वे अपने ऊपर पड़ने वाले सौर विकिरण का परावर्तन भी करती हैं। सूर्य ब्लैक बॉडी की भांति, जिसकी सतह का तुल्यमान तापमान 5900 डिग्री केल्विन है, विकिरण का उत्सर्जन करता है। (चित्र—1) हालांकि जब तक सौर विकिरण पृथ्वी की सतह तक पहुंचते हैं, उनकी तीव्रता कम हो जाती है तथा इसके बहुत से अशों, विशेषकर अवरक्त तथा परा बैंगनी खडो मे, का विभिन्न दरों में अवशोषण हो जाता है। स्थलीय वस्तुओ पर पडने वाले सूर्य के प्रकाश का स्थलीय वस्तुओ के द्वारा किया गया परावर्तन/उत्सर्जन उस वस्तु के प्रमुख परावर्तन/उत्सर्जन गुणों के द्योतक होते हैं। वानस्पतिक पदार्थों के कुछ सेलों की गहराई तक सौर किरणें प्रवेश कर जाती हैं. तथा वहां पर

सेलों की दीवार से बहुपरावर्तन के दौर से गुजरती हैं, तथा उसके बाद कुछ सेलों के बीच से गुजरती हुई वापस आती हैं। इस प्रक्रिया के दौरान ही पेड़-पौधे अपने लक्षण परावर्तित/विसरित विकिरण को प्रदान करते है। कार्बनिक अणु दृष्टिगोचर क्षेत्र की अपेक्षा अवरक्त क्षेत्र में अधिक होते हैं। दूसरे शब्दो मे, एक पौधे से आने वाली दृष्टिहीन निकट अवरक्त किरणों में सूचना सामग्री पौधे के द्वारा विसरित दृष्टिगोचर किरणो की अपेक्षा ज्यादा होती है। कृषि एव पौधों से सम्बन्धित अध्ययनो में अब तक केवल दृष्टिगोचर विकिरण का ही प्रयोग हुआ है। सुदूर सवेदन तकनीक ने निकट अवरक्त क्षेत्र में निहित सूचना के प्रयोग का एक अवसर प्रदान किया है।



चित्र (1) सौर स्पेक्ट्रम मे ऊर्जा का वितरण

(सौजन्य से : कोन्ड्रेटेव, के० या० रेडियेशन इन दी एटमास्फीयर एकेडेमिक प्रेस)



तरंगदैर्घ्य (माईक्रोन, μ)

चित्र (2) सौर विकिरण का कुछ ब्यौरा
(सोजन्य से : सेलर्स डब्ल्यू॰ डी॰, फिजिकल क्लाइमैटोलोजी,
चिकागो यूनिवर्सिटी प्रेस)

विवेन के नियम के अनुसार :

$\lambda m T = 2898$; 3000 के बहुत समीप

जिसमे λm को μ के रूप मे तथा T को डिग्री केल्विन के रूप में प्रदर्शित किया गया है। फलस्वरूप, यदि उत्सर्जक सतह का तापमान 300 डिग्री केल्विन (27 डिग्री सेन्टीग्रेड) हो या उसके आस-पास हो तो ऊर्जा का उत्सर्जन 10μ क्षेत्र मे अधिकतम होता है; और जब 250 डिग्री केल्विन (—23 डिग्री सेन्टीग्रेड) का तापमान बादलों के 8 कि॰मी॰ क्षेत्र के ऊपर हो तो यह 12μ क्षेत्र में घटित होता है। इसलिए इस प्रकार तापमानो की माप तथा ऐसे तापमानो पर वस्तुओं का संसूचन 10 से 12μ क्षेत्र मे संवेदी प्रवरक्त समूचकों के प्रयोग से ज्यादा प्रभावी होता है। सौभाग्य से जल वाष्प

को मिलाकर वायुमंडलीय संघटक इस तरंग बैंड में बहुत कम अवशोषण दिखाते हैं। इस क्षेत्र को "वायुमंडलीय गवाक्ष" कहते हैं।

वस्तुएं विद्युत चुम्बकीय तरंगों का उत्सर्जन मिली मीटर माइक्रोवेव क्षेत्र में भी करती हैं, जैसे 0·1 मि० मी० से 3 से० मी० तरंग दैर्घ्य की शार्ट रेडियो तरंगें। उत्सर्जन प्लैंक नियम को मानता है क्योंकि रैले सन्निकटन तभी लागू होता है जब तरंग दैर्घ्य बड़े होते है। इस सन्निकटन के अनुसार प्रति इकाई क्षेत्र में निम्न उत्सर्जित ऊर्जा होगा,

$$E_\lambda d\lambda = (2\pi CK)T\lambda^{-4}d\lambda$$

परिकलन से यह दिखाया जा सकता है कि ऊर्जाएं बहुत छोटी हैं। लेकिन रेडियो तरंगों के संसूचन के तरीकों में इतनी अधिक उन्नति हुई है कि विशाल क्षेत्रों से उत्सर्जित माइक्रोवेव ऊर्जा—सौ वर्ग कि० मी० या अधिक—का संसूचन एक ऊंचे उड़ने वाले वायुयान से किया जा सकता है; दूसरे शब्दों में, हवाई जहाज में रखे संसूचक कुछ हजार कि० मी० के द्वारा उत्सर्जित विकिरण का संसूचन कर सकते हैं। इस प्रकार के विकिरण एक समुद्र के ऊपर तरंग स्पन्दन की अवस्था के संसूचन में उपयोगी होते हैं। इस तकनीक में निष्क्रिय माइक्रोवेव तन्त्रों का प्रयोग शामिल है। दूसरी ओर सक्रिय माइक्रोवेव तन्त्र भी हैं जिनमें वायुयानों में उत्पादित माइक्रोवेव ऊर्जा पृथ्वी की सतह का किरणन करती है तथा परावर्तित/बिखरित माइक्रोवेव ऊर्जा का संसूचन छोटे से वायुयान में रखे उपकरणों की मदद से किया जाता है। परावर्तित/ बिखरित तीव्रताएं परावर्तित/बिखरित सतह के गुणों पर निर्भर करती हैं और इसलिए इन लक्षणों का प्रयोग विभिन्न प्रकार की चट्टानों, मिट्टी, वनस्पति इत्यादि के पहिचानने तथा पता लगाने में किया जा सकता है। दो प्रकार के तंत्रों में निष्क्रिय तंत्र अधिक लाभदायक है, क्योंकि इसके अन्तर्गत वस्तु के द्वारा उत्सर्जित विकिरण वस्तु के स्वयं के द्वारा फेंके गये विकिरण की अपेक्षा वस्तु के व्यक्तित्व से सम्बन्धित थोड़े अधिक विवरण प्राप्त कराते हैं।

2. मानव दृष्टि

मानव आंख विलक्षण रूप से संवेदी और सर्वतोमुखी उपकरण है, जिसे प्रकृति ने हमें प्रदान किया है। सुदूर संवेदन में यह एक आवश्यक

भूमिका निभाती है। बाह्य दुनियां से मस्तिष्क के लिए प्रमुख चैनल का काम करने के कारण आँख निम्न कार्य करती है :

(क) किसी भी प्रकार की मदद प्रदान करने या न प्रदान किये जाने के बावजूद भी यह पृथ्वी की सतह की उपयोगी प्राकृतिक घटनाओं तथा लक्षणों का प्रेक्षण कर सकती है, और उनकी व्याख्या कर सकती है;

(ख) यद्यपि आधुनिक इलेक्ट्रानिकी तंत्र काफी उपयोगी हैं, फिर भी अन्य सवेदकों से प्राप्त निर्गम के प्रेक्षण तथा प्रतिपादन में आंख का प्रयोग किया जाता है।

इसके बावजूद तरंग दैर्ध्य तथा उनकी तीव्रताओं के क्षेत्र में तथा सूचना के अवधारण और आंकड़ा प्रकरण में आंख की अपनी सीमाएं हैं। इसके पहले कि हम यह विचार करें कि आधुनिक तकनीक किस प्रकार इन बाधाओं को हटा सकती है, हम आंख के कुछ गुणों की चर्चा करेंगे।

चाक्षुष तीक्ष्णता आंख के आस-पास रखी वस्तुओं के वियोजन के सामर्थ्य की माप है। यह प्रायः आर्क के मिनट में प्रदर्शित वियोजनी वस्तुओं का कोणीय पृथक्करण है। समुचित प्रदीपन के साथ सामान्य आंख आर्क के एक मिनट से पृथक दो रेखाओं का वियोजन कर सकती है। अगर समान पृष्ठ-भूमि पर कोई एक लम्बी रेखा है, तो आंख इसका पता लगा सकती है, भले ही इसकी चौड़ाई आर्क के आधे मिनट के बराबर हो।

विभिन्न तरंग दैर्ध्यों के प्रति अनुक्रिया

आँख 400 आगस्ट्राम से 700 आंगस्ट्राम तरंगदैर्ध्य के बीच के प्रकाश का, जिसमें शीर्ष अनुक्रिया सामान्य प्रकाशीय अवस्था में 5550 आगस्ट्राम पर होती है, संसूचन कर सकती है। यहां इस बात का उल्लेख उपयोगी होगा कि सूर्य के प्रकाश में शीर्ष तीव्रता 4800 आगस्ट्राम पर होती है। आंख की नाभीय लम्बाई लगभग 1.6 सेन्टीमीटर है तथा आंख की पुतली का व्यास चमकीले प्रकाश में 2 मिलीमीटर से धीमे प्रकाश में 9 मिलीमीटर तक बदलता है।

$$B = \int_0^{\infty} \beta_\lambda P_\lambda E_\lambda d\lambda$$

$$C = \int_0^{\infty} v_\lambda P_\lambda E_\lambda d\lambda$$

$E_\lambda d\lambda$ प्रकाश मे वस्तु के ऊपर गिरी हुई ऊर्जा के बंटन को प्रकट करता तथा P_λ अनावरणता की विशेष अवस्था मे λ तरंगदैर्घ्य के लिए वस्तु परावर्तन/विसरन गुणाङ्क को दर्शाता है।

मनुष्य की आंख को प्रमुख उपकरण के रूप मे प्रयोग करके इस क्षे मे व्यावहारिक भौतिकी के ऊपर काफी कार्य किया जा सकता है।

त्रिविमदर्शीय दृष्टि एक मानसिक प्रक्रिया है, जो पुतली के दो पृथ प्रतिबिम्बो को संयुक्त करती है, तथा रंग या सहायता का निर्णय करने लिए प्रतिबिम्ब के कुछ बिन्दुओ के बीच के सम्बन्ध के अन्तर को प्रयोग लाती है। इसको करने के लिए मस्तिष्क की योग्यता निसंन्देह ही आश्चर्य जनक है। आओ, हम दो छडियां लेकर एक दूसरे के पीछे इस प्रकार रखें कि एक आंख बन्द करने पर सामने वाली छड़ी पीछे वाली छड़ी को ढक ले जब दूसरी आंख खोली जाती है तो दूसरी छडी भी दिखाई पड़ने लगती है मस्तिष्क इन दो प्रतिबिम्बों को संयुक्त करता है तथा उसके बाद उन्हें दो एक के पीछे दूसरी रखी, छडियो के रूप मे पञीकृत करता है तथा उन दोनों के बीच की दूरी का भी पता लगता है। दो प्रतिबिम्बों के बीच के कोणीय विलगाव तथा दोनो आंखों के बीच की दूरी का प्रयोग इच्छित दूरी का पता लगाने मे किया जाता है। सामान्य आख को आर्क के एक मिनट की कोणीय दूरी की आवश्यकता पड़ती है, लेकिन कुछ प्रशिक्षित आखें आर्क के दस सैकेंड तक के छोटे मानों का भी प्रयोग करती है।

कुछ अन्य तरीके भी हैं जिनके द्वारा बिना-सहायता प्राप्त आंख त्रिविमदर्शीय दृष्टि का कार्य करती है। उदाहरणार्थ, यदि वस्तुएं समान आकार की हैं तथा किसी दूरी मे पृथक् की गई हैं, तो प्रतिबिम्ब के आकार मे परिवर्तन की व्याख्या दूरियों के परिवर्तन के रूप में की जा सकती है। शायद तकनीकी ने इस तरीके का कोई प्रतिपक्ष तरीका नहीं निकाला है।

दृष्टिगोचर एवं निकट अवरक्त क्षेत्र में फोटोग्राफी के द्वारा सुदूर संवेदन फोटोग्राफी कैमरा

आंख अत्यधिक सूक्ष्मग्राही है तथा पुतली के अन्दर प्रवेश करने वाले सेकन्ड कुछ (10^{-10} वाट प्रति वर्ग मिलीमीटर) फोटानों का पता लगाने क्षम है, लेकिन जो कुछ भी यह देखती है उसका स्थाई रेकार्ड नही बना ती। एक फोटोग्राफी फिल्म यह काम कर सकती है। यह कैमरे के लेन्स द्वारा देखे गये दृश्यों का स्थायी रिकार्ड बना सकती है। लम्बे तरंगदैर्ध्यों लिए आधुनिक फोटोग्राफी फिल्में 0·95μ तरंग दैर्घ्य तक कार्य कर सकती जो मानव आंख की कार्य सीमा से बाहर है। इसलिए समुचित फिल्म तथा न्न फिल्टरों के संयोजन से युक्त फोटोग्राफी कैमरा सुदूर संवेदन के लिए साधारण एवं शक्तिशाली उपकरण है।

यहा पर किसी विशेष प्रकाशिकी कैमरे का वर्णन करना आवश्यक है। जेमिनी एवं अपोलो लक्ष्यों में हैसलब्लैड कैमरों का प्रयोग 70 मिमी. मों के साथ किया गया। मानवरहित उपग्रहों में फोटोग्राफिक शॉट के र उपकरण टेलीविजन कैमरों के अन्दर सम्बद्ध होते हैं। इसी तरह के रो तथा टेलीविजन तंत्रो का प्रयोग वायुयानों एवं गुब्बारों के द्वारा निर्मित टफार्मों के लिए भी किया जा सकता है।

आधुनिक सूक्ष्मग्राही फिल्मों की सतहे 3500 से 9500 आंगस्ट्राम त्र में परावर्तित/विकिरित सौर ऊर्जा को रिकार्ड कर सकती है, जिसमें परा-ानी तथा अवरक्त भी शामिल हो जाती हैं। फोटो की गुणता प्राप्त सूर्य के काश पर निर्भर करती है। फोटो की तुलना के लिए यह आवश्यक है कि दीपन की मात्रा और इसलिए सूर्य कोण लगभग एक हों। बिना मेघो के ल तथा दिन मे दोपहर के पास का समय फोटोग्राफी के माध्यम से सुदूर वेदन करने का सबसे अच्छा समय होता है।

फिल्मो के फिल्टर संयोजन के गुण फिल्म एवं फिल्टर बनाने वाली कम्पनी कोडक कम्पनी के कैटालॉग प्रयोग करके पता लगाया जा सकता है, जो विभिन्न प्रकार की फिल्मे एवं रैटन फिल्टरो की आपूर्ति करती है। निम्न-लिखित सारणी उदाहरण के लिए यहां दी गई है। अमरीका के फोटो ग्राममिति इंस्टीट्यूट ने रंग फोटोग्राफी की यह छोटी सी पुस्तक प्रकाशित की है जो बहुत ही उपयोगी है।

सारणी

रंटन फिल्टर नम्बर	तरंगदैर्ध्य क्षीणन	तरंगदैर्ध्य समर्थन
12 (पीला)	0·49 μ से कम	0·50μ से 0·70μ
15 (नारंगी)	0·51 μ से कम	0·53μ से 0·70μ
25 (ए)(लाल)	0·58 μ से कम	0·62μ से 0·70μ
89 (बी)(गहरा लाल)	0·68 μ से कम	0·72μ से 0·88μ

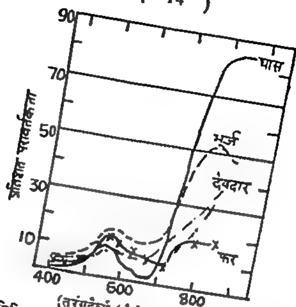
फोटोग्राफी फिल्म का वियोजन

अच्छी रंगीन फिल्म में इमलसन 100 लाइन प्रति मिलीमीटर का *वियोजन प्रदान करता है, जिसका मतलब यह है कि माइक्रोस्कोप के नीचे एक* मिलीमीटर के अन्तर में 100 सफेद लाइनें तथा 100 काली लाइनें गिनी जा सकती हैं। सफेद और काले रंग के कुछ सूक्ष्म इमलसन 1000 लाइन प्रति मिलीमीटर का भी वियोजन रखते हैं। अगर हवाई फोटोग्राफी का पैमाना 1 : 50000 हो तो भू-वियोजन रंगीन फिल्म के द्वारा 5 से०मी० तथा काली और सफेद फिल्म के द्वारा 0·5 मीटर होगा। इस मामले में वायुयान की ऊंचाई 5 कि०मी० होगी। विशेष वायुयान 25 कि०मी० की ऊंचाई तक उड़ सकते हैं तथा उस मामले में पैमाना 1 : 250000 होगा और भू-वियोजन 25 सेन्टीमीटर होगा।

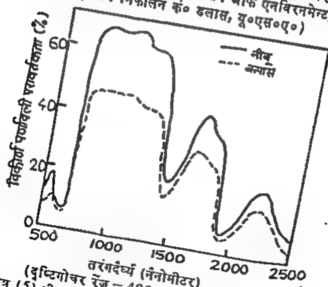
100 कि०मी० की ऊंचाई पर उपग्रह को प्रयोग करने से फोटो का पैमाना 1 : 10^7 हो सकता है तथा भू-वियोजन 10 मीटर होगा, यदि उस ऊंचाई पर फोटोग्राफी फिल्मों का प्रयोग किया जाय। वैसे उन ऊंचाइयों पर फोटोग्राफी फिल्मों का प्रयोग नहीं किया जाता बल्कि टेलीविजन तन्त्र या प्रकाशिकी क्रमवीक्षण का प्रयोग किया जाता है। इस प्रकार के तन्त्रों को प्रयोग करके भू-तत्व का वियोजन 50 से 100 मीटर होता है। लैन्डसैट प्रतिबिम्बिकी के मामले में यह लगभग 70 मीटर है।

फोटोग्राममिति

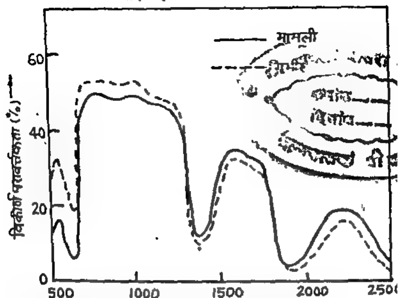
फोटोग्राममिति हवाई फोटोग्राफी की सहायता से सम्पादित सर्वेक्षण एवं मानचित्रण की प्रक्रिया है। कई दशकों से भारतीय सर्वेक्षण विभाग इन



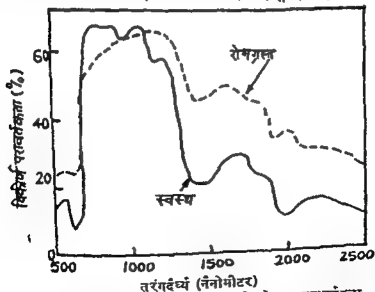
चित्र (4) विभिन्न प्रकार की पर्णावलियों की स्पेक्ट्रल परावर्तकता
(सौजन्य से : फिट्ज एल., रिमोट सेन्सिंग ऑफ एनविरनमेन्ट, भार्ट 22, हाउटन मिफलिन कं० डलास, यू०एस०ए०)



(दृष्टिगोचर रेंज = 400 – 700 नैनोमीटर)
चित्र (5) नीबू और कपास पत्तियों की स्पेक्ट्रल परावर्तकता
(सौजन्य से : माइर्स वी०आई०एड० रिमोट सेन्सिंग नेशनल एकेडमी ऑफ साइन्सेज, यू०एस०ए०)



चित्र (6) नाइट्रोजन की कमी से ग्रसित स्वीट पेपर की स्पेक्ट्रल परावर्तकता
(सौजन्य से : माइर्स वी०आई०एड०—रिमोट सेन्सिग
नेशनल एकेडमी ऑफ साइन्सेज, यू०एस०ए०)



चित्र (7) स्वस्थ और रोगग्रस्त चीड़ की स्पेक्ट्रल परावर्तकता
(सौजन्य से : प्रोसीडिंग ऑफ दी VIII वां इन्टरनेशनल सिम्पोजियम ऑफ
रिमोट सेन्सिग, वाल्यूम II, एन्न अर्बर मिचीगन, यू.ए.ए.)

काली और सफेद फिल्म का निर्माण किया गया जिस पर अवरक्त के लिए सूक्ष्मग्राही इमल्सन की परत लगाई गई। तब इस नई फिल्म पर छलावरण में ढके लक्ष्यों को इंगित करना बड़ा आसान हो गया। आगे कुछ अन्य अनुसंधानों ने एक ऐसी रंगीन फिल्म के विकास को जन्म दिया जिसमें अल्प तरंगदैर्घ्य की ओर रंग का स्थानान्तरण होता था। दृष्टि हीन क्षेत्र में निकट अवरक्त सूक्ष्मग्राही परतें इसे किरमिजी लाल रंग के रूप में रंगीन फोटोग्राफ में रिकार्ड कर लेती है, सामान्य लाल सूक्ष्मग्राही परतें रंगीन फोटोग्राफ में नीले रंग की तरह रिकार्ड करती हैं; स्पेक्ट्रम का सामान्य नीला छोर (5000 आंगस्ट्राम से कम) एक पीले फिल्टर के द्वारा काट दिया जाता है। इसलिए इस फिल्म को त्रुटियुक्त रंगीन अवरक्त फिल्म कहते है। कोड एक्टोक्रोम अवरक्त एरो फिल्म 8443 इसी प्रकार की फिल्म है। कृषि, समुद्र विज्ञान एवं भू-विज्ञान के क्षेत्र में फिल्म और फिल्टर का यह संयुक्त संयोजन काफी उपयोगी है।

रंगीन फिल्मो के विषय में कुछ थोड़ा सा ब्योरा

रंगीन फिल्मों के विभिन्न स्पेक्ट्रमी खण्डो के लिए सूक्ष्मग्राही रंग सामग्री की तीन परतें होती हैं। एक सामान्य रंगीन फिल्म मे एक परत नीले रंग के लिए, दूसरी परत हरे रंग की और तीसरी लाल रंग के लिए सूक्ष्मग्राही होती है। सम्बन्धित रंगीन परतों के रंग पीले, मैगनेटा तथा नीलिमा युक्त (नीला-हरा) रंगो के होते है। विकसित फिल्म में बने प्रतिबिम्ब मे वास्तविक वस्तु के सारे रंग मौजूद होते है। दूसरे शब्दों मे नीला, नीले की तरह हरा, हरे की तरह तथा लाल, लाल रंग की तरह प्रतीत होगा।

एक्टाक्रोम अवरक्त एरो फिल्म मे एक परत हरे रंग के प्रति, दूसरी लाल रंग के प्रति तथा तीसरी इन्फ्रारेड के प्रति सूक्ष्मग्राही होती है। यह सारी परतें नीले रंग के प्रति भी सूक्ष्मग्राही होती हैं। लेकिन रैटन का 12 या 15 नम्बर के फिल्टर का प्रयोग कैमरे के लैन्स के सामने रख कर नीले रंग को पूर्णरूपेण हटाने के लिए किया जाता है। सामान्य रंगीन फिल्मो की भांति रंगीन परतो का रंग इस फिल्म मे भी पीला मैगनेटा और नीलिमा युक्त होता है। विकसित फिल्म में ये रंग नीले, हरे और लाल के रूप में उभरते हैं, वास्तविक हरा नीले के रूप में, वास्तविक लाल हरे रंग के रूप मे तथा इन्फ्रारेड किरमिजी लाल के रूप में उभरता है।

एक बार जब उपर्युक्त सिद्धांत समझ में आ जाते हैं, तो यह समझना बड़ा आसान हो जाता है कि कम या बिना अवरक्त परावर्तकता वाली चीजें फोटो में कैसी प्रतीत होती हैं। लाल या तो बिल्कुल नहीं होगा अथवा बहुत ही कम होगा तथा वस्तु फिल्म मे नीला-हरा लक्षण लिए हुए प्रतीत होगा। रोगग्रस्त वनस्पति इस प्रकार दोषयुक्त रंगीन फिल्म में रिकार्ड किये जाते हैं।

तीन परतों की स्पेक्ट्रमी सूक्ष्मग्राहिता चित्र 3 में दिखाई गई है। 12 और 15 नम्बर का रैटन फिल्टर 5000 ऑगस्ट्राम से कम तरंग दैर्ध्य की कान्ति को सम्पूर्ण रूप से हटा देता है। नीलिमा संरचित परतों की सूक्ष्मग्राहिता जान बूझ कर दूसरी दो परतों की अपेक्षा काफी कम रखी जाती है, क्योंकि दृष्टिगोचर क्षेत्र की अपेक्षा विभिन्न प्रकार की वनस्पतियों की अवरक्त परावर्तन क्षमता काफी ज्यादा है। यदि इस प्रकार विभिन्न पौधों की अवरक्त परावर्तकता मे भेद रखने की आवश्यकता है तो संबंधित परत की सूक्ष्मग्राहिता कम होनी चाहिए जिससे ऐसा न हो कि प्रतिबिम्ब "संतृप्त" हो जाय।

कृषि एवं अन्य शास्त्र में उपयोग

इस प्रकार यह बिल्कुल निश्चित है कि दोषयुक्त रंगीन फिल्म का मुख्य उपयोग खाद्य फसलों की पर्णावली, फसलों, फलोद्यानों और जंगली पेड़ो की फोटोग्राफी के लिए है। पर्णावली के लक्षणों के आधार पर सम्बन्धित जातियों की सम्पत्ति-सूची तैयार की जा सकती है। नाइट्रोजन या फास्फोरस के अभाव में या दूसरे प्रकार की तनावयुक्त बीमारियों या कीड़े-मकौड़ों से ग्रस्त होने के कारण इन जातियों के लक्षणों मे परिवर्तनों का पता लगाया जा सकता है तथा सम्भावना एवं आवश्यकतानुसार उपचार के तरीकों का प्रयोग किया जा सकता है। चित्र 4 एवं चित्र 5 मे विभिन्न प्रकार के पौधों एवं फसलों की पर्णावली की कुछ विशिष्ट स्पेक्ट्रमी परावर्तकता को दिखाया गया है।

एक जाति से दूसरी जाति के बीच अवरक्त परावर्तकता में काफी अन्तर है, जबकि दृष्टिगोचर क्षेत्र में सम्बन्धित परावर्तकता कम है। किसान और वनपाल दृष्टिगोचर क्षेत्र में केवल परावर्तकता का प्रयोग करते आ रहे हैं। अवरक्त परावर्तकता को प्रयोग करके सुदूर संवेदन अन्य किसी प्रकार के तरीके की अपेक्षा अधिक सूचना प्रदान करने में सक्षम है। प्रायः ऐसा होता है कि बीमारी या नाइट्रोजन या फास्फोरस में कमी के कारण किसी पौधे की

वृद्धि में आई रुकावट का पहला संकेत अवरक्त परावर्तकता के कम (या कभी कभी बढ़ जाने से) हो जाने से मिलता है और यह दृष्टिगोचर क्षेत्र में किसी प्रकार के रोग लक्षण के पहले ही होता है।

चित्र 7 में स्वस्थ और अस्वस्थ पेड़ों की स्पेक्ट्रमी परावर्तकता में अन्तर दिखाया गया है।

ये चित्र भारत से बाहर प्रकाशित सम्बन्धित साहित्य से लिये गये हैं तथा विषय को समझाने के लिए प्रयुक्त किये गये हैं। ये उन देशों के अपने पेड़-पौधों के विषय में बतलाते हैं। इन मामलों में यह नहीं समझा जाना चाहिए कि विभिन्न पर्णावली के लक्षण वही हैं जो चित्र में दिये गये हैं। ये लक्षण विभिन्न परिस्थितियों में, जैसे पत्ती का जीवनकाल, पत्तियों का सूर्य प्रकाश के सन्दर्भ में दिग्विन्यास, मिट्टी की हालत, बीज की विशिष्टता जिससे अमुक वनस्पति जनित हुआ है, ऋतु, मौसम की अवस्था जिसके अन्तर्गत पौधा परीक्षण के दौरान फला-फूला है इत्यादि के अनुसार बदलते रहते हैं।

हमारे देश में विभिन्न प्रकार के वन्य, वनस्पति एवं कृषि वनस्पति की लाक्षणिक स्पेक्ट्रमी परावर्तकता का पता लगाना आवश्यक है (निकट अवरक्त क्षेत्र में कार्य करने वाले स्पेक्ट्रो-फोटोमीटरों को प्रयोग करके)। इसे सूर्यकोण, वनस्पतियों की बाढ़, सघटिन मौसम, मिट्टी के प्रकार, कृषि शास्त्र के साधनों इत्यादि की विभिन्न परिस्थितियों में सम्पन्न करने की आवश्यकता है। इतना बड़ा कार्य किसी एक प्रयोगशाला के द्वारा किया जाना सम्भव नहीं है। इस प्रकार के कार्यों में अमेरिका और रूस जैसे देश भारत से कुछ वर्ष आगे हैं।

4. अवरक्त विकिरण के लिए ठोसावस्था संसूचक

सुदूर संवेदन के क्षेत्र में की गई आधुनिक प्रगति अति सूक्ष्म विकिरण के संसूचन की क्षमता रखने वाले ठोसावस्था साधनों के विकास के कारण हुई है। यह कहा जाता है कि मृपाद सर्प के सिर के ऊपर तापीय अवरक्त के प्रति सूक्ष्मग्राही दो दाग होते हैं। अपने शिकार (चूहा या मेढक) के द्वारा उत्सर्जित अवरक्त विकिरण का पता लगाने के लिए साप इनका प्रयोग करता है जो थोड़ी दूर पर स्थित इसके अपने घास के पर्यावरण की अपेक्षा अधिक गरम होता है। आधुनिक अवरक्त संसूचक कुछ कि० मी० दूर स्थित एक बत्ती के

तापीय विकिरण या एक हवाई जहाज की उड़ान के कुछ घंटों बाद उसके द्वारा छोड़े हुए धुएं के तापीय विकिरण का पता लगा सकते है।

आजकल के सारे अवरक्त संसूचक मणिभीय ठोसों से बनाये जाते हैं। वे या तो फोटो चालक होते हैं या फोटो वाष्पशील होते हैं। जब अवरक्त विकिरण एक फोटो चालक ससूचक पर गिरता है तो कुछ इलेक्ट्रोन ऊर्जा का अवशोषण करके चालन बैंड मे कूद जाते है। इस प्रकार से विस्थापित इलेक्ट्रोनों की संख्या अवरक्त विकिरण की मात्रा के समानुपाती होती है बशर्ते कि इसका तरंग दैर्घ्य एक निम्न तरग दैर्घ्य से कम हो जिसका निर्धारण प्रयुक्त संसूचक के गुणो के आधार पर किया गया हो। जब ऐसा होता है तो संसूचक की चालकता बढ़ जाती है तथा इसके द्वारा प्रवेश हो रही विद्युत-धारा बढ़ जाती है। एक प्रयुक्त वोल्टेज के अन्तर्गत यह वृद्धि आपतित विकिरण के समानुपाती होती है, जो विद्युत धारा के परिवर्तन के रूप में मापी जा सकती है।

एक फोटो वाष्पीय संसूचक में इच्छित "डोपेन्ट" से गैसीय विसरण के द्वारा एक ठोस अर्धचालक पदार्थ के अन्दर एक पी. एन. जंक्शन बनाया जाता है। आपतित विकिरण इस जक्शन में विद्युतीय फील्ड के द्वारा पृथक् किये गये इलेक्ट्रान-होल को जन्म देता है जिससे फोटो-वॉल्टेज पैदा होता है। पी. एन. जंक्शन की उपस्थिति के कारण फोटो वाष्पीय ससूचक अन्दरूनी निर्मित बायस सप्लाई युक्त फोटो-चालक संसूचक से काफी मिलता जुलता है।

किसी संसूचक से प्राप्त सिगनल प्रायः संकीर्ण स्पेक्ट्रम बैन्ड की आपतित पावर के समानुपाती होता है, जिसमें समानुपाती स्थिर को संसूचक की "अनुक्रियाशीलता" कहते हैं।

संसूचक पूरा निर्गम सिग्नल निवेश विकिरण के पावर स्तरों में परिवर्तन करने से तुरन्त पैदा नहीं करते बल्कि उसमें कुछ देरी लगती है। जब निवेश पावर मे अचानक कोई परिवर्तन किया जाता है तो संसूचक के निर्गम के अधिकतम मान के लगभग 36% मान तक पहुचने मे लगे समय को संसूचक का अनुक्रिया समय कहते हैं। इस समय का विशेष ध्यान उस समय रखना चाहिए जब आपतित पावर समय के साथ-साथ बदलती है तथा जब संसूचक के इस निवेश पावर को सूक्ष्मता से मापने की उम्मीद की जाती है।

इस हालत में यह स्पष्ट है कि निर्गम सिग्नल कम होगा, अपेक्षा कि उस अवस्था से, जब निवेश सिग्नल अनुक्रिया समय की अपेक्षा कई गुना लम्बे अरसे के लिए विद्यमान हो।

सारे संसूचक निर्गम में लघु घटाव-बढ़ाव पैदा करते है, भले ही निवेश पावर का औसत बिल्कुल ही न बदले। इस निर्गम घटाव-बढ़ाव को संसूचक रव कहते है। यह संसूचक एवं सम्बन्धित पर्यावरण में अन्तर्निहित निर्गम सिग्नल का बेतरतीब घटाव-बढ़ाव होता है। जब संसूचक निम्न तापमान पर रखा जाता है तो "रव" में काफी कमी आती है। कुछ मामलो में तापमान द्रव नाइट्रोजन या द्रव हीलियम तापमान जैसा निम्न हो जाता है।

अगर आपतित पावर उस स्थान पर कम की जाती है, जहां पर सिग्नल का आयाम रूट-मीन-वर्ग निर्गम बराबर हो, तो उस आपतित पावर को रव तुल्य पावर (एन.ई.पी.) कहते हैं। निश्चय ही एक संसूचक तभी उपयोगी हो सकता है जब आपतित पावर एन.ई.पी से काफी ज्यादा हो। एक अच्छे संसूचक की अनुक्रियाशीलता ज्यादा होनी चाहिए, अनुक्रिया समय कम होना चाहिए तथा एन ई पी कम होना चाहिए। संसूचक के इस आखिरी गुण को संसूचकता (D) कहते है तथा यह एन.ई.पी. का व्युत्क्रम होती है, इसलिए अधिक मान की संसूचकता वाला संसूचक अच्छा होता है। इसलिए

$$D = \frac{1}{NEP}$$

एक संसूचक का एन ई.पी. इसके क्षेत्र एवं तरंग बैंड, जिसके अन्तर्गत संसूचकता मापी गई है, पर निर्भर करता है। इसलिए हम एक नया शब्द संसूचकी स्टार (D^*) परिभाषित करते हैं, जो संसूचक की प्रति इकाई संसूचकता को प्रदर्शित करता है, जहां पर तरंग बैंड की चौड़ाई केवल एक हर्त्स है। D^* की इकाई वाट$^{-1}$ से०मी० हर्त्स$^{\frac{1}{2}}$ है।

अवरक्त संसूचकों के आवश्यक लक्षण सारणी 1 में दिये गये हैं :

सारणी—1

कुछ अवरक्त संसूचकों के विशेष लक्षण

संसूचक पदार्थ	कार्यशीलता का तरीका	उपयोगी तरंगदैर्घ्य रेंज (माइक्रोमीटर)	शीर्ष अनुक्रिया की तरंगदैर्घ्य (माइक्रोमीटर)	समय स्थिरता (माइक्रोसेकेन्ड)	इंगित आवृत्ति में D^* का मान जिसकी इकाई से.मी. हर्त्स$^{\frac{1}{2}}$ वा॰$^{-1}$ है (हर्त्स में)
कमरे के तापमान पर संचालन					
लेड सल्फाइड (PbS)	पी.सी.	0 6—3·0	2·3—2·7	50—500	$1—7 \times 10^8$(800)
इन्डियम आर्सेनाइड (In As)	पी.वी.	1—3·7	3 2	1	$1—3 \times 10^8$(900)
195° केल्विन तापमान पर संचालन					
लेड सल्फाइड (PbS)	पी.सी.	0·5—3·3	2·6	800—4000	$0\ 7—7 \times 10^9$(800)
इन्डियम एन्टीमोनाइड (In Sb)	पी.सी.	0·5—6·5	5 1	1	1×10^9(800)

77° केल्विन तापमान पर संचालन					
लेड सल्फाइड (PbS)	पी.सी.	0·7—3·8	2·9	500—3000	3—8 $\times 10^{9}$(800)
इन्डियम एन्टीमोनाइड (In Sb)	पी.सी.	0·7—5·9	5·3	1—10	3–10 $\times 10^{9}$(800)
मर्करी कैडमियम टेलूराइड (Hg Cd Te)	पी.सी.	6—15	10·6	·01	10^{9}—10^{10}(900)
55° केल्विन से कम तापमान पर संचालन					
मर्करी लेपन युक्त जर्मेनियम (Ge : Hg) 30° केल्विन	पी.सी.	3—14	1	1	3—9 $\times 10^{9}$(900)
कापर लेपन युक्त जर्मेनियम (Ge : Cu) 4·2° केल्विन	पी.सी.	6—29	23	1	5—10 $\times 10^{9}$(1800)

प्रकाशिकी यान्त्रिकी क्रमवीक्षक

प्रकाशिकी तंत्र के नाभि केन्द्र पर रखा एक अकेला संसूचक अवधि एक लघु फील्ड से निकले विकिरण की माप कर सकता है, जिसका दृश्यीय आकार संसूचक के द्वारा बिम्ब के तल पर प्रक्षिप्त प्रतिबिम्ब के बराबर होता है। लघु फील्ड दृश्य, जिसे तत्कालिक लघु फील्ड दृश्य कहते हैं, को टेलीविजन प्रणाली से मिलते-जुलते तरीके से सम्पूर्ण प्रतिबिम्ब तल में स्वीप कराया जा सकता है, जो रास्टर मोड में प्रतिबिम्ब तल के आरपार संसूचक को घुमाने से संभव है। यह उस परिस्थिति में भी संभव है जब संसूचक को अचल स्थिति में रखा जाय तथा सम्पूर्ण प्रकाशिकी तंत्र को सम्पूर्ण बिम्ब तल को आच्छादित करने के लिए घुमाया जाय, जिसकी प्रक्रिया अखबार पढ़ने के तरीके से मिलती जुलती है। इसे क्रमवीक्षण कहते हैं। क्रमवीक्षण के द्वितीय तरीके में किये गये परिवर्तन का मुख्य उद्देश्य वस्तु एवं प्रकाशिकी तंत्र के बीच में एक समतल दर्पण का प्रवेश कराना है, जिसके द्वारा प्रकाशिकी तंत्र दर्पण से परावर्तित बिम्ब तल को देख सके। दर्पण को घुमाने तथा मच को दर्पण की अक्ष रेखा के साथ घुमाने से बिम्ब तल को तात्विक रूप से क्रमवीक्षित किया जा सकता है। इस प्रकार प्रत्येक तत्व से निकला विकिरण संसूचक के द्वारा एक दिये हुए अनुक्रम में रिकार्ड किया जा सकेगा।

संसूचक से प्राप्य निर्गम प्रायः विद्युत सिग्नल के रूप में होता है, और इस प्रकार आंकड़े चुम्बकीय टेप में परिमाणात्मक तरीके से संचित किये जा सकते हैं। ये टेप अंकीय एवं अनुरूप कम्प्यूटर की सहायता से वास्तविक समय या बाद में संसाधित किये जा सकते हैं तथा मानचित्रों के तरह की आकृतियों को बनाने में प्रयुक्त हो सकते हैं।

एक बिम्ब तल को क्रमवीक्षण करने के बहुत से अन्य भी तरीके हैं। आज की एक आधुनिक तकनीक का नाम "पुश ब्रूम क्रमवीक्षक" है। इस तरीके में संसूचक के रैखिक व्यूहों को गाड़ी के भू-तल की लम्बाकार दिशा में अभिमुख किया जाता है जिससे संसूचक के फील्ड दृश्य को पुश ब्रूम तरीके की भांति इच्छित भू-भाग के आर-पार स्वेप्ट किया जा सके।

एक चैनल क्रमवीक्षण चित्र में योजनाबद्ध तरीके से दिखाया गया है। प्रवर्धन के बाद संसूचक के निर्गम को या तो चुम्बकीय टेप में रिकार्ड किया

जा सकता है या एक स्लो-ट्यूब को प्रेरित करने के लिए किया जा सकता है, जिससे "वास्तविक-समय" प्रतिबिम्बिको बनाने के लिए सिग्नल को प्रकाशिकी तरीके से एक घूमती हुई फिल्म में रिकार्ड किया जा सके। तापीय प्रवरक्त (10–12)μ के समूचक के लिए द्रव नाइट्रोजन से ठंडा किये गये मर्करी-कैडमियम-टेलूराइड समूचक का प्रयोग किया जाता है। इस संसूचक की शीर्ष अनुक्रिया 10·6μ पर होती है, और 900 हर्त्स तथा ·01 माइक्रो सेकेन्ड अनुक्रिया समय के लिए D^* का मान 10^9–10^{10} से० मी० हर्त्स$^{\frac{1}{2}}$ वाट$^{-1}$ होता है। (सारणी 1 देखें)

एक बहु-स्पेक्ट्रमी क्रमवीक्षक (एम. एस एस.) वह यन्त्र है, जो बिम्ब तल के लघु फील्ड दृश्य से निकले विकिरण को कुछ स्पेक्ट्रमी बैन्डों में बाट देता है, तथा प्रत्येक बैन्ड की तीव्रता समुचित लक्षणों वाले अलग-अलग समूचको द्वारा पता की जाती है। कुछ मामलो मे विभेदन डाइक्रोइक पुंज पृथक्कारी के द्वारा प्रभावित होता है तथा दूसरो मे यह प्रिज्म या ग्रेटिंग के द्वारा किया जाता है। पृथक् किये हुए विकिरण को रेशा प्रकाशिकी द्वारा समूचक तक ले जाते हैं। चित्र 9 में बहु-स्पेक्ट्रमी क्रमवीक्षक को योजनाबद्ध तरीके से दिखाया गया है।

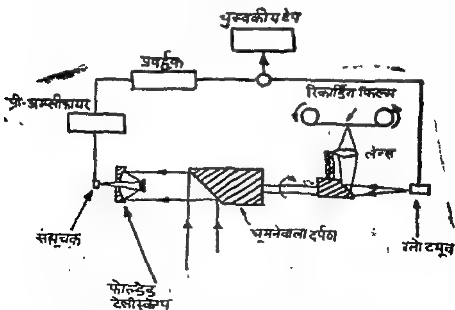
कृषि, वन्य शास्त्र, भू-विज्ञान इत्यादि के लिए सुदूर सवेदन तकनीक के उपयोगों को प्रयोग करने के लिए प्रायः चार चैनल की आवश्यकता पड़ती है; दो दृष्टिगोचर क्षेत्र मे, एक निकट-अवरक्त क्षेत्र मे और एक तापीय अवरक्त क्षेत्र मे। लैन्डसैट मे रखे एम. एस. एस. मे चार चैनल हैं; 0·5 से 0·6μ, 0·6 से 0·7μ, 0·7 से 0·8μ और 0·8 से 1·1μ। प्रत्येक चैनल में एक प्रकार से 6 संसूचक है, जिससे प्रत्येक प्रतिबिम्ब दर्पण को ■ क्रमवीक्षक रेखाओं से मार्जन कर सके।

क्रमवीक्षण का संचालन

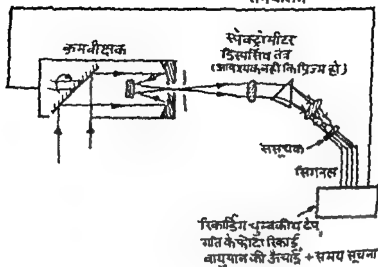
काली या सफेद अथवा दोषयुक्त रंगीन फिल्म मे समुचित फिल्टरो को प्रयोग करके की गई हवाई फोटोग्राफी पृथ्वी की सतह की वस्तुओं एवं घटनाओं का बहुत ही अच्छा सवेदन कर सकती हैं, इसके लिए उपकरण चाहे वायुयान में रखे हो या अन्तरिक्षयान मे। पदार्थों की सापेक्ष स्थितियों का निर्धारण परिशुद्ध रूप मे कैमरा तन्त्र की ज्यामिति से किया जाता है। समान

वियोजन को ध्यान में रखते हुए इस प्रकार की फोटोग्राफी की अपेक्षा प्रकाशिकी-यान्त्रिक क्रमवीक्षक काफी महंगा तथा काफी जटिल होता है।

क्रमवीक्षक युक्त वायुयान की गति का सूक्ष्म अनुमान अवश्य होना चाहिए, जिससे विरूपण की पूर्ति की जा सके। किसी दृश्य के प्रत्येक मान का प्रेक्षण भिन्न-भिन्न समय पर होता है तथा भू-ट्रैक के किनारे पैमानागुणक दूरी से रैखिक होता है जब कि भू-ट्रैक की लम्ब दिशा में यह कोणीय माप में रैखिक होता है। इन अवगुणों के होने के बावजूद, क्रमवीक्षक उपकरण के प्रयोग का मुख्य कारण यह है कि अच्छी यथार्थता के स्पेक्ट्रमी एवं त्रिविम रेडियोमिट्रिक परिमापन एक ऐसी अवस्था में किये जा सकते है, जिनका प्रेषण एवं संचय आसानी से किया जा सके। दृष्टिगोचर एवं फोटोग्राफिक रेंज के बाहर अनेकों स्पेक्ट्रमी बैंन्डो में मापन की क्षमता एक दूसरा लाभ है। सामान्यतया संसूचक फोटोग्राफिक फिल्म की अपेक्षा ज्यादा चौड़ी गतिक रेंज रखते हैं। संसूचक के सिग्नल विद्युतीय होते है तथा अभिलेखन के प्रति आसानी



चित्र (8) एक चैनल क्रमवीक्षण रेडियोमीटर का योजनाबद्ध चित्र
(ध्यान देने की बात यह है कि रिकार्डिंग यूनिट में लेन्स घूमने वाले दर्पण के साथ लगा हुआ है, तथा इसी के साथ घूमता है)



चित्र (9) बहुस्पेक्ट्रल स्पेक्ट्रल क्रमवीक्षक (एम०एस०एस०) का योजनाबद्ध चित्र

से प्रभाव्य होते हैं और इस प्रकार उनसे अच्छे परिमाणात्मक आंकड़े प्राप्त होते हैं। परिमाणात्मक होने के कारण विद्युतीय आकड़ा कम्प्यूटर अनुकूल चुम्बकीय टेप में रिकार्ड किये जा सकते है तथा इस प्रकार वे आसानी में स्वचालित या अर्द्ध स्वचालित कम्प्यूटेशन के लिए काफी अनुकूल हो जाते हैं तथा उनका विश्लेषण, इलेक्ट्रानिकी कम्प्यूटरो की सहायता से आसानी से किया जा सकता है।

समुचित रूप से डिजाइन किये गये बहु-स्पेक्ट्रमी क्रमवीक्षक में प्रत्येक ससूचक, दृश्य के प्रत्येक वियोजन भाग को समान रूप से देखता है जिसमें तरगदैर्घ्य भिन्न-भिन्न होते हैं। इसमें स्थान और समय में पंजीकरण स्वचालित होता है। प्रत्येक ससूचक के निर्गम से एक निश्चित तरंग बैन्ड में दृश्य के चमकीलेपन के अनुसार वीडियो सिग्नल प्राप्त होता है। प्रत्येक संसूचक से वीडियो सिग्नल एक दृश्य प्रतिबिम्बिकी के निर्माण के लिए प्रयुक्त किया जाता है, जिसका सम्बन्ध उस तरंग बैन्ड में हुए विकिरणता के परिवर्तन से होता है। जब विभिन्न प्रकार की वस्तुओं जैसे गेहूं की फसल, घास का मैदान या केवल मिट्टी के स्पेक्ट्रमी मिग्नेचर मालूम होते हैं तो दो या तीन चैनल के वीडियो

सिग्नलों को एक अकेले प्रोसेसर के द्वारा संयुक्त किया जा सकता है। कुछ विशेष विकिरणताओं को दावने के लिए इसकी डिजाइन इस प्रकार की जा सकती है जिससे एक ऐसा वीडियो सिग्नल प्राप्त हो, जिसकी तीव्रता इस सम्भावना को समानुपाती होती है कि मापन से प्राप्त स्पेक्ट्रम उपलब्ध लक्षणों में से एक है। स्वचालित आंकड़ा ससाधन का यह एक तरीका है जिससे किसी विशेष फसल या लक्षण की तालिका तैयार की जा सकती है।

वास्तविक समकालीन बहु-स्पेक्ट्रमी सवेदन की वस्तुओं में भेद बताने की क्षमता बहुत अधिक है। एक संवेदक आसानी से दस भूरे रंग की लाइनों में अन्तर बता सकता है। अगर ऐसी सवेदन प्रक्रिया पाच विभिन्न तरंगदैर्घ्यों में की जा सके, जिसमे दस भूरी लाइनों में भेद बता सकना सम्भव हो, तो पाच तरंग बैंडो के सिग्नल एक साथ 10^5 अवस्थाओं की क्षमता रखेंगे, जिनका कम्प्यूटर की सहायता से विश्लेषण किया जा सकेगा तथा "भू" श्रेणियो से सह-सम्बन्धन भी सम्भव होगा।

स्पेक्ट्रमी क्रमवीक्षकों के कुछ पहलू

एक संसूचक हवाई मच पर इस प्रकार रखा जाता है, जिससे देखने वाले टेलीस्कोप की प्रकाशिकी अक्ष रेखा और समतल दर्पण की चक्रीय अक्ष रेखा एक दिशा में हों, तथा यह दोनों समतल रेखाएं होती है और इनका अभिविन्यास उड़ान की दिशा मे होता है। समतल दर्पण चक्रीय अक्ष रेखा के 45° कोण पर झुका होता है। जब दर्पण घूमता है, तो घूमती हुई फील्ड आवर्ती रूप से पृथ्वी की एक पट्टी को काटेगी तथा एक के बाद एक आने वाली पट्टियाँ भू-ट्रैक पर लम्बाकार रूप मे प्रकट होगी और Vt दूरी से पृथक होगी, जिसमे V वाहनीय गति है और t दर्पण के द्वारा एक चक्कर मे लिया हुआ समय है (अगर अक्ष रेखा पर 'n' दर्पण लगाये जाय तो कुल समय प्रत्येक दर्पण के द्वारा एक चक्कर मे लिये गये समय का $\frac{1}{n}$ होगा)।

एक ठोस कोण Ω के वर्गाकार दृष्टि क्षेत्र (जैसा कि वर्ग संसूचक के आकार के द्वारा परिभाषित है) $\Omega = S^2$ स्ट्रेडियन्स, Sh एक स्ट्रिप की चौड़ाई को बतायेगी जो वायुयान के सीधे नीचे है, जिसमे h भू-भाग के ऊपर हवाई जहाज की ऊंचाई है। इस प्रकार क्रमवीक्षित पट्टी को समीपस्थ (नादिर पर) बनाने के लिए हमें आवश्यकता होगी,

$$Vt = Sh$$

तन्त्र की प्रकाशिकी अक्ष रेखा की दिशा मे दर्पण के चक्कर के साथ जैसे-जैसे दृष्टि क्षेत्र दूर होता है, पट्टी की चौड़ाई W बिम्ब तल की दूरी के साथ बढ़ती है :

$$W = Sh/\cos\alpha$$

जहा α दर्पण की लम्बवत देखने की अवस्था से कोणीय घुमाव को प्रदर्शित करता है।

इसके अलावा प्रारम्भिक (अधोबिन्दु पर) दृष्टि-क्षेत्र विरूपित हो जाती है, जब इसका झुकाव शीर्ष की ओर होता है। इस प्रकार एक विस्तार $Sh/\cos\alpha$ और दूसरा विस्तार $Sh/\cos^2\alpha$ है।

दर्पण के घूमने की कोणीय गति,

$$w = \frac{2\pi}{t} = \frac{2\pi}{Sh}V$$

समय t_1 जिसके अन्तर्गत संसूचक पृथ्वी की सतह के एक दृश्य का अवलोकन करता रहा, निम्न है,

$$t_1 = \frac{S}{w} = \frac{S^2h}{2\pi V} \text{ सैकन्ड}$$

इसे "वास" समय कहते हैं। तन्त्र से कोई उपयोगी सूचना प्राप्त करने के लिए संसूचक का अनुक्रिया समय काफी अधिक होना चाहिए। अगर प्रकाशिकी तन्त्र का द्वारक अधोबिन्दु से किसी भी ओर में 60° की कोणीय चौड़ाई की अनुमति देता है, तो भू-भाग को देखने के लिए दर्पण को केवल एक तिहाई घूमने की आवश्यकता पड़ती है। शेष दो तिहाई समय को "विश्रान्तिकाल" कहते है क्योकि उस समय किसी आंकड़े का संचय करना सम्भव नहीं। इस समय का कुछ भाग संसूचक को आन्तरिक स्रोत की ओर उन्मुख करके अंश शोधन के लिए प्रयोग किया जा सकता है। 'विश्रान्तिकाल' को कम करने का दूसरा तरीका है उसी शॉफ्ट मे लगे दर्पणो की संख्या को बढ़ा देना।

5. टेलीविजन तन्त्र

टेलीविजन तन्त्र सामान्यतया अन्तरिक्ष फोटोग्राफी एवं प्रेक्षण के लिए सबसे अधिक प्रयोग किये जाने वाले उपकरणो में से एक है। यह तन्त्र

छोटे आकार एवं भार के होते है, इनमें किसी प्रकार के गतिशील अवयव नही होते; इनके द्वारा संचित आंकड़े अनुरूप एवं अंकीय विद्युत संकेतो के रूप में आसानी से दूरमिति तन्त्र के द्वारा पृथ्वी को भेजे जा सकते हैं। इस प्रकार यह सिग्नल प्रतिबिम्बिकी या कम्प्यूटर के द्वारा इलेक्ट्रानिकी प्रोसेसिंग के लिए पुनः परिवर्तित किया जा सकता है।

टेलीविजन तन्त्र एक फोटो सूक्ष्म ग्राही परत पर, जिस पर प्रतिबिम्ब केन्द्रित किया गया है, रास्टर पैटर्न में एक इलेक्ट्रान किरण पुंज का मार्जन करके दृष्टि क्षेत्र के फ्रेम प्रतिबिम्ब पैदा करता है। वास्तविक संचालन, तन्त्र में प्रयुक्त ट्यूब के प्रकार पर निर्भर करता है। वायुयान से सुदुर संवेदन के लिए सामान्यतया दो प्रकार की ट्यूबो का प्रयोग किया जाता है—विडिकन और प्रत्यावर्ती बीम विडिकन।

विडिकन ट्यूब में इलेक्ट्रान गन युक्त एक शून्य आच्छादन होता है, जो ट्यूब की खिड़की (लक्ष्य) पर लगी फोटो संचालित रोधी परत की ओर उन्मुख होता है। प्रचालन में इलेक्ट्रॉन बीम लक्ष्य की स्वतन्त्र सतह का क्रमवीक्षण करती है, जो अन्त में शून्य वोल्टेज पर आकर स्थायी होता है। छोर खिड़की की आन्तरिक सतह एक चालक पारदर्शक फिल्म से ढकी होती है, जिसका विभव +30V होता है। जब प्रकाशिकी को प्रतिबिम्ब लक्ष्य की ओर केन्द्रित किया जाता है, तो रोधी परत के प्रदीप्त भाग में थोड़े चालक गुण पैदा हो जाते हैं, जिससे स्वतन्त्र इलेक्ट्रॉन प्रेरक फोटो-धारा के समानुपात मे 30 वोल्ट प्लेट विभव की ओर विस्थापित होते है। लक्ष्य पदार्थ के आयतन एवं सतह की प्रतिरोधकता के कारण लक्ष्य की सतह पर एक चार्ज पैटर्न बनता है, जो कि प्रकाशिकी प्रतिबिम्ब से मिलता जुलता है। बिना किसी विशेष हानि के इस पाजिटिव चार्ज पैटर्न को तब तक बनाये रखा जाता है जब तक कि इलेक्ट्रॉन किरण पुंज सतह का क्रमवीक्षण करते रहते हैं तथा इलेक्ट्रान को एकत्र करके इसे शून्य विभव पर वापस लाया जाता है। तत्पश्चात एक अनुरूप टेलीविजन सिग्नल बैकप्लेट कनेक्शन में विस्थापित धारा के रूप मे प्रकट होता है तथा उसके बाद इसका प्रवर्द्धन किया जाता है। क्रमवीक्षित बिन्दु के नीचे का क्षेत्र एक फोटो तत्व (पिक्सल) से सीधा सम्बन्ध रखता है तथा क्रमवीक्षण के दौरान प्राप्त चार्ज अनावरण काल मे समाकलित फोटो धारा से सम्बन्धित होता है।

प्रत्यावर्ती बीम विडिकन (भार. बी. वी.) ट्यूब विडिकन से मिलती जुलती है, अन्तर केवल यह है कि सिग्नल को क्रमवीक्षण इलेक्ट्रॉन किरण पुंज के उस भाग से प्राप्त किया जाता है, जिसका प्रयोग नहीं किया जाता है। यह उसी रास्ते से वापस जाता है जिस रास्ते से आगे वाली किरण पुंज आती है और उसके बाद सिग्नल वीडियो मॉडुलित इलेक्ट्रॉन किरण पुंज के रूप में व्युत्पन्न किया जाता है, जो बिना किसी अवाछनीय रव के साथ ट्यूब के अन्दर लगे इलेक्ट्रॉन गन के साथ संलग्न इलेक्ट्रॉन बहुगुणक के द्वारा प्रवर्द्धित किया जाता है। प्रकाश के निम्न स्तरों में यह विशिष्टता भार.बी.वी. को अधिक सूक्ष्मग्राहिता प्रदान करती है तथा साथ-साथ ही एक निर्दिष्ट आकार के लक्ष्य के लिए ज्यादा विभेदन भी प्रदान करती है।

ट्यूब का निर्गम सिग्नल एक सी भार.टी. को तीव्रता-मॉडुलित करने के लिए प्रयुक्त हो सकता है तथा प्रेक्षित वस्तु का वास्तविक समय में प्रतिबिम्ब प्रदान कर सकता है। अधिकाश मामलों में ट्यूब से प्राप्त सिग्नलों को डिजिटाइज करते हैं तथा तुल्यकालन सूचना के साथ इन्हें दूरमिति तन्त्र के द्वारा पृथ्वी की ओर भेज देते हैं। इस आकड़े का उपयोग प्रतिबिम्बिकी पैदा करने के लिए किया जाता है या संसाधन के लिए चुम्बकीय टेप में सचित कर लिया जाता है।

तरंग दैर्घ्य, जिसके अन्तर्गत ये ट्यूबें काम करती हैं, सामान्यतया दृष्टिगोचर क्षेत्र में होती है। इसलिए ये प्रायः दिन में ही प्रयोग में लाई जा सकती हैं, जब वस्तुए सूर्य प्रकाश के दृष्टिगोचर भागो का उत्सर्जन करती हैं।

ट्यूबो का विभेदन 10 से 100 लाइन मि. मी. तक जाता है। जब प्रकाशिकी तन्त्र का नाभ्यान्तर काफी ज्यादा होता है तो कोणीय विभेदन काफी कम किया जा सकता है—इसे 1/Ref से प्रदर्शित किया जा सकता है, जहा Re ट्यूब का विभेदन है और f इसका नाभ्यान्तर है।

टेलीविजन तन्त्र ने मौसमी उपग्रहो और ई. आर. टी एस. तन्त्रों के लिए अपने को बड़ा उपयोगी सिद्ध कर दिखाया है। ऐसी आशा है कि शीघ्र ही टेलीविजन तन्त्र हवाई सर्वेक्षण के लिए भी प्रयोग में लाये जायेंगे। इसमे वास्तविक समय प्रदर्शन से सम्बन्धित फोटोग्राफी के सारे लाभ निहित हैं तथा प्रेषण, सचय और कम्प्यूटर संसाधन की सुविधाएं भी मौजूद हैं।

6. पृथ्वी लक्षण पहचान

कैमरा तंत्र पृथ्वी की सतह के चित्र (i) विभिन्न काले और सफेद तरंग दैर्घ्यों (ii) वास्तविक रंगों (iii) दोषयुक्त रंगीन अवरक्त. में प्राप्त करते हैं जिसमें अवरक्त को लाल रंग की तरह पंजीकृत किया जाता है और प्राकृतिक हरे को नीले की तरह पंजीकृत किया जाता है। पीले फिल्टर के द्वारा नीले, इण्डिगो एवं बैंगनी रंगों को पूर्णरूपेण हटा दिया जाता है। आवश्यकतानुसार अनुरूप में तथा सामान्यतया अंकीय रूप में प्रत्येक भू तत्व से निकली विभिन्न स्पेक्ट्रमी बैंडो की विकिरणता क्रमवीक्षण तंत्र के द्वारा रिकार्ड कर ली जाती है। उसके बाद चुम्बकीय टेपों का प्रयोग विशिष्ट टेलीविज़न की तरह के इलेक्ट्रोनिक उपकरणों के द्वारा प्रतिबिम्बिकियो को पैदा करने के लिए किया जा सकता है और यह क्रिया या तो विभिन्न रंगीन कोडो में या काले और सफेद रंगो में या अकेले फोटो के रूप में, जहां सारे रंग संयुक्त करके एक कर दिये गये हों, किया जाता है। विभिन्न चैनलो में अंकीय आंकड़ों का उपयोग कम्प्यूटर ससाधन या मानव अर्थनिर्वचन (पारस्परिक टकराव का प्रयोग करते हुए) या उस मशीन की तरह किया जा सकता है जो वर्गीकरण के विषय में अन्तिम निर्णय लेती है।

लाक्षणिक पहचान के क्षेत्र में निम्नलिखित तीन प्रभावो का प्रयोग भेद गना करने के लिए किया जाता है :

(1) त्रिविम प्रभाव

(2) स्पेक्ट्रमी प्रभाव

(3) सामयिक प्रभाव

जब माइक्रोवेव का प्रयोग किया जाता है तो ध्रुवण प्रभाव का भी प्रयोग किया जाता है।

ऐतिहासिक तौर पर त्रिविम और स्पेक्ट्रमी प्रभावों का प्रयोग फोटो-अर्थनिर्वचको ने लाक्षणिक पहचान के लिए किया है। उदाहरणार्थ, त्रिविम प्रभाव के द्वारा नारियल के पेड़ समूहो एवं केले के पेड़ समूहों के बीच अन्तर पता किया जाता है जिसमें प्रत्येक पेड़ की बीच की दूरी का पता करना भी

शामिल है। स्पेक्ट्रमी प्रभावो के द्वारा ही हम लाल गुलाबों के उद्यान तथा पीले गेंदे के फूल के उद्यानो के बीच मे अन्तर का पता लगाते है। सामयिक प्रभावों के द्वारा ही हम एक पूर्ण विकसित टीक के जंगल को, जो कुछ माम पहले पत्तियो से परिपूर्ण था, से पहचानते हैं।

कम्प्यूटर के द्वारा स्वचालित लाक्षणिक पहचान के अनेक प्रयास करने के बावजूद मानव अर्थनिर्वचक इस क्षेत्र में अब भी अद्वितीय है। लेकिन जब बहुत सारी प्रतिबिम्बिकी को अन्तरित करना होता है तो स्पेक्ट्रमी प्रभावो को प्रयोग करके कम्प्यूटर के द्वारा विश्लेषण आवश्यक हो जाता है और सीमित क्षेत्र में कम्प्यूटर के द्वारा विश्लेषण श्रेष्ठ होते है।

कम्प्यूटर तरीको को पैटर्न पहचान तकनीक कहते हैं। ये मूल रूप से सांख्यिकीय निर्णय परिकल्पनाओं में प्रयुक्त तरीके होते हैं।

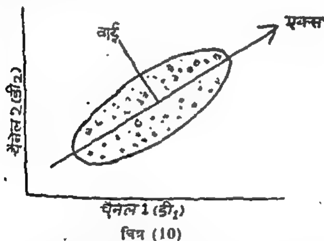
विशेष "श्रेणियो" के स्पेक्ट्रमी प्रभाव को निर्धारित करने के लिए सम्भावना गुणांक तय किये जाते है तथा उसी के आधार पर स्पेक्ट्रमी प्रभावो का प्रत्येक संयोजन "एक श्रेणी" के अन्दर रखा जाता है। उसके बाद "भू-तथ्य" निर्धारण प्रत्येक "श्रेणी" को एक विशेष भू-लक्षण प्रदान करता है, जो या तो सीधे किया जाता है या प्रत्येक "श्रेणी" के पूर्व विदित स्पेक्ट्रमी गुणो के आधार पर किया जाता है। दूसरे तरीके मे पूर्वविदित भू लक्षणो वाले विशिष्ट लक्ष्यो पर कम्प्यूटर को प्रशिक्षित करके प्रतिबिम्बिकी का पता लगाया जाता है।"प्रशिक्षण सेटो" के स्पेक्ट्रमी लक्षणो से सम्बन्धित क्षेत्रो को कम्प्यूटर प्रिन्ट कर लेता है।

"प्रशिक्षण सेटो" के साथ भी प्रयुक्त तरीका सांख्यिकीय निर्णय सिद्धान्त होता है। "प्रशिक्षण सेटो" से सांख्यिकीय आकड़े जैसे औसत, मानक विचलन, सहविचरण इत्यादि कुछ हजार विभेदन तत्वो के द्वारा कम्प्यूट किये जा सकते हैं। उसके बाद उन्हें सामान्य क्षेत्र के लिए प्रयोग करते हैं।

दूसरे प्रयुक्त तरीके का नाम "क्लस्टरिंग तकनीक" है। विभिन्न आकृतियों की बहु-चैनल विकिरणता सम्बन्धित बहु-आयामीय मापन क्षेत्र में विभिन्न स्थानो पर एक पुंज होने का प्रयास करती है। इसके द्वारा कम्प्यूटर

विद्यमान श्रेणियों की गणना करता है तथा यह भी पता लगाता है कि कौन सा वियोजन उससे सम्बन्ध रखता है। तत्पश्चात् इन श्रेणियों की पहचान या तो भू-तथ्य मापन के सन्दर्भ में की जा सकती है या आंकड़ा बैंक से प्राप्य विभिन्न स्पेक्ट्रमी सिग्नेचरों से तुलना करके की जा सकती है।

उपकरण निर्माणकर्ता विभिन्न चैनलों युक्त आधुनिक उपकरणों का निर्माण करते हैं जैसे 12 और 14 चैनल। यह निश्चित नहीं है कि स्थलीय लक्षणों के बीच भेद पता करने के लिए क्या सारे चैनलों में विकिरणता प्राप्त करना जरूरी है? इसको पता करने के लिए गुणांक विश्लेषण सिद्धांत का सहारा लेना आवश्यक है। गुणांक विश्लेषण मुख्य अवयवों के रूपान्तरों पर आधारित है। इसको समझाने के लिए नीचे बने चित्र के काल्पनिक परिणामों का उल्लेख किया जा सकता है।



चित्र (10)

इसमें दो स्पेक्ट्रमी अवयवों का प्रयोग हुआ है। पहली नई अक्ष रेखा का चयन इस प्रकार हुआ है कि यह आंकड़ों के अधिकतम फैलाव वाली दिशा में रहे। यह वह दिशा है जिसमें अधिकतम सूचना होती है। दूसरी अक्ष रेखा पहली अक्ष रेखा पर लम्ब होती है तथा इसका चयन उस ओर किया जाता है जहां बिखराव अधिकतम होता है। अधिक स्पेक्ट्रमी चैनल वाली उच्च आयामीय परिस्थितियों में कुछ अन्य अक्ष रेखाओं का चयन किया जाता है जो पहले वाली अक्ष रेखा पर लम्ब होती है। अनुभव के आधार पर यह

पाया गया है कि बहु-स्पेक्ट्रमी आकड़े स्पेक्ट्रमी बैंडों में काफी ज्यादा एक-दूसरे से सम्बन्धित होते है, और जब—आयामीय स्थान मे रखे जाते हैं तो वे सामान्यतया लम्बा और संकीर्ण वितरण पैदा करते हैं। इसका मतलब यह है कि केवल कुछ अवयव ही आवश्यक हैं। एक अध्ययन के आधार पर जिसमे 12 चैनल प्रयुक्त हुए, यह पाया गया कि कुल सूचना का 80% से ज्यादा भाग केवल चार चैनल मे ही निहित था। निःसंदेह उपर्युक्त विश्लेषण के आधार पर उन चैनलो का पता लगाया जा सकता है।

संसाधन तकनीक

यह कुछ मूल्यवान रूपान्तर होते है जो प्रारम्भिक आकड़ों पर अपनाये जाते है तथा जो यथार्थता को बढाते हैं और कम्प्यूटर ससाधन मे लगे समय को कम करते हैं। इनमे से कुछ रूपान्तरण निम्न है :

(i) प्रत्येक चैनल मे पिक्सल से प्राप्त विकिरणता तथा सारे चैनलो मे उसी पिक्सल से प्राप्त कुल विकिरणता का अनुपात।

(ii) आसपास के चैनलो से विकिरणता।

(iii) आसपास के चैनलों की विकिरणता के अन्तर और जोड़ का अनुपात

प्रयोगो के द्वारा यह सिद्ध किया जा चुका है कि अन्तिम रूपान्तरण सबसे अच्छे परिणाम प्रदान करता है।

फोटोग्राफी लक्षण पहचान तकनीक

काली और सफेद प्रतिबिम्बिकी का दृष्टीय अर्थनिर्वचन (फोटो अर्थ-निर्वेचक के द्वारा, जिसमे भिन्न-भिन्न क्षेत्रो जैसे कृषि, वन्यशास्त्र, भू-गर्भशास्त्र, मानचित्रकला, भूमि उपयोग इत्यादि शामिल हैं) सामान्य तरीका चला आया है। जब बहु-स्पेक्ट्रमी प्रतिबिम्बिकी अच्छे पंजीकरण से प्राप्त की जाती है तो (उसी फिल्म के विभिन्न भागों मे विभिन्न फिल्टरों के प्रयोग से जिसके अन्तर्गत चार या अधिक कैमरा लैंसों का प्रयोग किया गया हो) उन्नतिशील तकनीक सम्भव होती है। मोटे तौर पर इन्हे रग वृद्धि तकनीक एवं रंग संयुक्तिकरण तकनीक कहते है।

प्रतिबिम्ब के संयुक्तीकरण एवं वृद्धिकरण का सामान्य तरीका प्रकाशिकी संयुक्तीकरण से प्राप्त होता है। तीन और चार स्पेक्ट्रमी बैंडों में काली और सफेद पारदर्शकताएं उसी परदे पर कई प्रकाशीय प्रोजेक्टरों की सहायता से उन्मुख की जाती हैं। प्रत्येक प्रोजेक्टर में एक रंग फिल्टर लगा होता है जिसमें रंग कमकोलापन प्रोजेक्टर लैम्प की तीव्रता की मदद से कम या ज्यादा किया जा सकता है तथा इसका यान्त्रिकी विस्थापन समुचित पंजीकरण प्रदान कर सकता है। परदे पर जो प्राप्त होता है, वह रंगों का वृद्धिकरण करता है और रंग मिश्रित प्रतिबिम्ब प्रदान करता है। तुकबाजी के द्वारा दृश्य के कुछ लक्षण प्रोजेक्टर स्क्रीन पर साफ-साफ प्रदर्शित किये जा सकते हैं।

इसी प्रकार वृद्धिकरण और संयुक्तीकरण प्रक्रिया इलेक्ट्रॉनिकी तरीके से भी की जा सकती है। इसमें प्रत्येक पारदर्शकता का क्रमवीक्षण किया जाता है और भूरे स्तरों को स्लाइस की तरह काटते हैं तथा वृद्धिकरण करते हैं। तत्पश्चात् इन्हें इलेक्ट्रॉनिकी तरीके से रंगीन कोड प्रदान किया जाता है और फिर रंगीन टेलीविजन स्क्रीन पर प्रदर्शित किया जाता है। इस प्रकार के प्रकाशिकी और इलेक्ट्रॉनिकी रंग वृद्धिकरण तंत्र मौजूद हैं।

सारणी 2 में विभिन्न क्षेत्रों में सुदूर संवेदन के उदाहरणों को बताया गया है।

संदर्भ-सूची

1. रिमोट सेन्सिग, माइर्स वी.ग्राई.एड. नेशनल एकेडमी ग्रॉफ साइन्सेज, यू एस.ए. 1970।

2 प्रोसीडिंग ग्रॉफ दी VIIवी इन्टरनेशनल सिम्पोजियम ग्रॉन रिमोट सेन्सिग एन्न आर्बर, मिचिगन, यू एस.ए. 1971।

3 रिमोट सेन्सिग ग्रॉफ एनविरनमेन्ट, हटन मिफलिन कम्पनी डलास, यू एस.ए.।

4 हैन्डबुक ग्रॉफ रिमोट सेन्सिग, टेक्नॉलोजी रिपोर्टस् सेन्टर, केन्ट, इंगलैन्ड।

5. मैनुग्रल ग्रॉफ फोटोग्रैमेट्री, ग्रमेरिकन सोसाइटी ग्रॉफ फोटोग्रैमेट्री, वरजीनिया, यू एस.ए.।

6. टेक्स्ट बुक ग्रॉफ फोटोग्रैमेटी, जेलर, एच. के. लेविस एण्ड कं लन्दन।

सारणी 2

सुदूर संवेदन के प्रयोग के उदाहरण

क्षेत्र	उपयोग	प्रयुक्त तरंग दैर्ध्य
कृषि एवं वन्य साहस	पौधों की बीमारियाँ एवं कीड़ों का लगना	0·4—0·9μ और 6—10μ
	प्राकृतिक वनस्पति, फसल एवं खाली सम्पत्ति सूची	उपर्युक्त जैसा
	मिट्टी में नमी की मात्रा	0·4—0·8μ और 3—100 मि.मी. (राडार)
	कृषि के योग्य एवं कृषि के अयोग्य भूमि का अध्ययन	0·4—0·9μ
	फसल की पैदावार की भविष्यवाणी के लिए पौधों की वृद्धि तथा ओज का मूल्यांकन करना	0·4—0·9μ
	भूमि के प्रकार एवं गुण	0·4—1·0μ
[illegible]	हिमरेखा, हिम आच्छादन, बर्फ का संचय तथा उसमें परिवर्तन	0·4 से 0·7μ और 3—100 मि.मी. (राडार)
	बाढ़ नियन्त्रण एवं जल प्रबन्ध	0·4 से 1μ और 6—12μ
	[illegible] की तालिका	0·4 से 1μ और 6—12μ
	[illegible] धाराओं और समुद्र के किनारों की ओर [illegible] पानी का रिसना	6—12μ
	[illegible] पहुँचाने वाले स्रोतों का पता	0·4—0·9μ

	तरंग ऊंचाइयां एवं वहां की हवाएं	3—100 मि.मी. (राडार)
	सतह का तापमान और वहां की :	
	मछलियों के स्रोतों की स्थिति	
	समुद्रीय धाराओं का अनुमान	6—12μ
	वाष्पीकरण का अनुमान	
	चक्रवात बनने की प्रारम्भिक स्थिति की भविष्यवाणी करना	
समुद्र विज्ञान	जल रंग-परिवर्तन और वहां की :	
	समुद्र तटों की जलगत स्थलाकृति जल प्रदूषण	0·4—1·0μ
	जैवमात्रा का अनुमान लगाना	
	मछलियों के स्रोतों का पता लगाना,	
	इत्यादि तरंग अपवर्तन और वहां की पेंदी की स्थलाकृति	0 4—0·7μ और 3—100 मि.मी. (राडार)
	पेट्रोलियम के तेल भण्डारों का उद्गम एवं मत्स्य उद्गम	0 4—0·7μ
	क्लोरोफिल की सकेन्द्रणता (शैवाल, प्लवक)	0·4—1·0μ

भू-विज्ञान	दृश्यांशों एवं खनिजो का मानचित्रण दोषी लाइनें एवं पट्टिया विवर्तनिक	0·4—1·0μ; 7—12μ और 3—100 मि मी. (राडार)
	पैट्रोलियम के साथ-साथ छिपे हुए खनिज भण्डारो के संरचनात्मक लक्षणों का संसूचन	उपर्युक्त जैसा
	मिट्टी तथा चट्टानो के प्रकार एव छिपे हुए खनिज पदार्थों के लिए अनुकूल अवस्थाएं	0·4—1·0μ और 7—12μ
	तेल स्रोत चट्टानों से सम्बन्धित आयोडीन गैस का पता लगाना	0·4—0·5μ
	भू तापीय मानचित्रण	3—12μ
	भूमि मे खनिज पदार्थों की उपस्थिति से प्रभावित वनस्पतियो का पता लगाना	0·4—0·5μ
मानचित्रकला एव भू-विज्ञान	स्थलाकृतिक मानचित्रण	0 4—1·0μ, 7—12μ और 3—100 मि.मी. (राडार)
	शहरी क्षेत्रो तथा सम्बन्धित विकास के क्षेत्रो का अध्ययन	उपर्युक्त जैसा
	नदियो, झीलों, इत्यादि का मानचित्रण	0·4—1·0μ और 7—12μ
	नमी युक्त जमीन (दलदल) का संरेखण	0 4—1·0μ, 2—5μ और 3—100 मि.मी (राडार)

	वायुमण्डलीय प्रदूषण का मापन	0·4—12μ
पर्यावरणीय	समुद्रीय जल व प्रदूषण का मापन	0·4—1·0μ और 7—12μ
नियन्त्रण	जलीय परिस्थितिक तंत्र का अध्ययन	0 4—1·0μ और 7—12μ
	स्थलीय परि-स्थितिक तंत्र का अध्ययन	0·3—12μ और 3—100 मि.मी (राडार)